


IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Kiyoshi Nishikawa  
Serial No.:  
Conf. No.:  
Filed: 04/15/2004  
For: THIN FILM MAGNETIC HEAD  
AND METHOD OF MAKING THE  
SAME  
Art Unit:  
Examiner:

*I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: MS Patent Application, Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313-1450, on this date.*

4/15/04  
Date

  
Express Mail No. EV032736162US

CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2003-421114, filed December 18, 2003

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By



Patrick G. Burns  
Registration No. 29,367

April 15, 2004  
300 South Wacker Drive  
Suite 2500  
Chicago, Illinois 60606  
Telephone: 312.360.0080  
Facsimile: 312.360.9315

**JAPAN PATENT OFFICE**

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Data of Application: December 18, 2003  
Application Number: JP2003-421114  
[ST.10/C]:  
Applicant(s): FUJITSU LIMITED

February 12, 2004  
Commissioner, Japan Patent Office  
Y a s u o I M A I

2500.70303  
312.360.0080

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年 1 2 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 4 2 1 1 1 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 4 2 1 1 1 4 ]

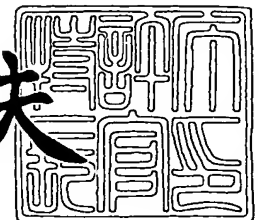
出 願 人                      富士通株式会社  
Applicant(s):

特許庁  
長官  
印

2 0 0 4 年    2 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 8 8 0 3

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0352156  
【提出日】 平成15年12月18日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G11B 5/31  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
                                内  
    【氏名】 西川 清  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
                                内  
    【氏名】 前田 麻貴  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005223  
    【氏名又は名称】 富士通株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100105094  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 山▲崎▼ 薫  
    【電話番号】 03-5226-0508  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 049618  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9803088

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

記録媒体に向き合わせられるヘッドスライダの媒体対向面から後退した位置で途切れる磁極本体層と、磁極本体層の表面から媒体対向面に向かって前方に広がり、媒体対向面から後退した位置で途切れる中間磁性層と、中間磁性層の表面から媒体対向面に向かって前方に広がり、媒体対向面に臨む先端磁性層とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記中間磁性層の前端は前記磁極本体層の前端よりも媒体対向面に近い位置で途切れることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記先端磁性層には、媒体対向面から均一幅で後方に延びる主磁極先端域が区画されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記主磁極先端域は、前記媒体対向面に臨む先端面でトレーリング側よりもリーディング側で狭められることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

**【請求項 5】**

第 1 絶縁層に隣接する磁極本体層を形成する工程と、第 1 絶縁層および磁極本体層の表面上で、磁極本体層の前端から前方に広がる第 1 磁性素材層を積層する工程と、第 1 絶縁層および磁極本体層の表面に第 2 絶縁層を形成し、第 2 絶縁層で第 1 磁性素材層を覆う工程と、第 2 絶縁層に平坦化処理を施し、第 2 絶縁層に囲まれる第 1 磁性素材層を平坦面で露出させる工程と、平坦面に第 2 磁性素材層を積層する工程と、第 2 磁性素材層の表面に、第 1 磁性素材層の前端よりも前方に広がるマスクを形成する工程と、マスクに基づき、第 1 および第 2 磁性素材層から磁極層を削り出す工程とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

**【書類名】明細書****【発明の名称】** 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法**【技術分野】****【0001】**

本発明は、例えばハードディスク駆動装置（HDD）といった磁気記憶装置で磁気情報の書き込みに用いられる薄膜磁気ヘッドに関する。

**【背景技術】****【0002】**

垂直磁気記録の分野ではいわゆる単磁極ヘッドは広く知られる。こういった単磁極ヘッドは、例えば非特許文献1に記載されるように、磁極本体層すなわちヨーク層と先端磁性層すなわち主磁極層とを備える。主磁極層の前端から磁気ディスクの裏打ち層に向かって磁界は作用する。コイルで生成される磁束はヨーク層から主磁極層に誘導される。

**【0003】**

主磁極層には、媒体対向面から均一幅でコイルに向かって延びる主磁極先端域が区画される。主磁極層の幅は主磁極先端域の後端から急激に広がっていく。主磁極層の膜厚はヨーク層のそれに比べて相当に薄いことから、主磁極先端域の均一幅は高い精度で確立されることができる。トラック幅の縮小は実現されることができる。その一方で、主磁極先端域の入り口では主磁極層の断面積が急激に絞られる。こうした断面積の縮小に基づき磁束の飽和が引き起こされる。その結果、主磁極先端域の先端から漏れ出る磁界は減少してしまう。媒体対向面からコイルに向かって延びる主磁極先端域の長さが十分に縮小されれば、磁界の減少は回避されることができる。

**【特許文献1】** 日本国特開 2002-92821号公報

**【非特許文献1】** Stoev et al., "High Linear Density Study of Advanced Single-Pole Head" IEEE Transactions on Magnetics, September 2002, vol. 38 No.5, p p2243-2248

**【非特許文献2】** Liu et al., "Advanced Probe Head for Perpendicular Recording" IEEE Transactions on Magnetics, July 2002, vol. 38 No.4, pp1647-1651

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

前述のような主磁極先端域の形成にあたって例えばイオンミリングは用いられる。イオンミリングの実施にあたって磁性素材層上には主磁極層の形状を象ったフォトレジスト膜が形成される。フォトレジスト膜の周囲で磁性素材層は削り落とされる。

**【0005】**

このとき、主磁極層の幅は主磁極先端域の後端から急激に広がることから、主磁極先端域の後端ではイオンの進入はフォトレジスト膜で遮られてしまう。主磁極先端域の後端は十分に削り取られることはできない。主磁極先端域では後端付近で幅が増大してしまう。高い精度で均一幅が確立されることができない。したがって、前述のように主磁極先端域の長さが縮小されていくと、媒体対向面で露出する主磁極先端域の寸法精度は悪化してしまう。

**【0006】**

本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、記録トラックのトラック幅の縮小に大いに貢献することできる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

上記目的を達成するために、本発明によれば、記録媒体に向き合わせられるヘッドスライダの媒体対向面から後退した位置で途切れる磁極本体層と、磁極本体層の表面から媒体対向面に向かって前方に広がり、媒体対向面から後退した位置で途切れる中間磁性層と、中間磁性層の表面から媒体対向面に向かって前方に広がり、媒体対向面に臨む先端磁性層とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッドが提供される。

**【0008】**

こういった薄膜磁気ヘッドでは、磁極本体層から中間磁性層、先端磁性層に順番に磁束は流通する。先端磁性層の先端から記録媒体に向かって磁束は漏れ出ることができる。磁極本体層並びに中間磁性層および先端磁性層の積層構造の働きで磁束の流通路では断面積の変化は緩和される。断面積の縮小にも拘わらず磁束の飽和は十分に抑制されることができる。先端磁性層の先端が縮小されても、先端磁性層の先端から十分な強度の磁束は漏れ出ることができる。

**【0009】**

こうした薄膜磁気ヘッドでは、中間磁性層の前端は磁極本体層の前端よりも媒体対向面に近い位置で途切れればよい。こういった構成によれば、磁束の流通路では、媒体対向面に向かって徐々に断面積は縮小されることができる。しかも、中間磁性層の膜厚に基づき断面積の変化は高い精度で制御されることができる。

**【0010】**

先端磁性層には、媒体対向面から均一幅で後方に延びる主磁極先端域が区画されればよい。この種の薄膜磁気ヘッドでは、磁極本体層と先端磁性層とは個別に積層形成されることができる。先端磁性層の膜厚は磁極本体層のそれに比べて相当に薄く設定されることができる。その結果、主磁極先端域の均一幅は高い精度で確立されることができる。トラック幅の縮小は実現されることができる。しかも、前述のように磁極本体層並びに中間磁性層および先端磁性層の積層構造の働きで磁束の流通路では断面積の変化は緩和されることから、主磁極先端域に十分な長さが確保されても磁束の飽和は確実に抑制されることができる。主磁極先端域の均一幅が縮小されても、主磁極先端域の先端から十分な強度の磁束は漏れ出ることができる。加えて、こうした薄膜磁気ヘッドが例えばハードディスク駆動装置（HDD）といった磁気記憶装置に組み込まれる場合、先端磁性層の膜厚（ポール長さ）が薄く設定されれば、ヨー角（スキュー）依存性は確実に低減されることができる。

**【0011】**

こうした薄膜磁気ヘッドでは、中間磁性層の前端は、主磁極先端域の後端よりも媒体対向面に接近した位置で途切れればよい。こういった構成によれば、磁束の流通路では、媒体対向面に向かって段階的に断面積は縮小されることができる。しかも、中間磁性層の前端の位置や主磁極先端域の後端の位置に基づき断面積の変化は高い精度で制御されることができる。

**【0012】**

こうした薄膜磁気ヘッドでは、主磁極先端域は、媒体対向面に臨む先端面でトレーリング側よりもリーディング側で狭められればよい。主磁極先端域は、一般に、トレーリング側の稜線よりもリーディング側の稜線で記録トラックの中心線から乖離しやすい。トレーリング側の稜線よりもリーディング側の稜線が狭められれば、確実に狭小幅の記録トラックは描き出されることができる。しかも、リーディング側の稜線が隣接する記録トラックにはみ出すことはない。隣接する記録トラックへの磁気情報の書き込みは阻止される。

**【0013】**

以上のような薄膜磁気ヘッドの実現にあたって、磁極本体層の表面には中間磁性層を受け止める平坦化面が規定されればよい。同様に、中間磁性層の表面には先端磁性層を受け止める平坦面が規定されてもよい。

**【0014】**

中間磁性層は、先端磁性層の外縁から外側に広がりつつ磁極本体層に近づく裾広がり面を備えればよい。こういった薄膜磁気ヘッドによれば、磁極本体層から先端磁性層に向かって中間磁性層内で徐々に磁束の流通路は狭められていくことができる。

**【0015】**

以上のような薄膜磁気ヘッドの製造にあたって、第1絶縁層に隣接する磁極本体層を形成する工程と、第1絶縁層および磁極本体層の表面上で、磁極本体層の前端から前方に広がる第1磁性素材層を積層する工程と、第1絶縁層および磁極本体層の表面に第2絶縁層を形成し、第2絶縁層で第1磁性素材層を覆う工程と、第2絶縁層に平坦化処理を施し、

第2絶縁層に囲まれる第1磁性素材層を平坦面で露出させる工程と、平坦面に第2磁性素材層を積層する工程と、第2磁性素材層の表面に、第1磁性素材層の前端よりも前方に広がるマスクを形成する工程と、マスクに基づき、第1および第2磁性素材層から磁極層を削り出す工程とが実施されればよい。

【発明の効果】

【0016】

以上のように本発明によれば、高記録磁界および高記録磁界勾配を保持しつつ、記録トラックのトラック幅の縮小に大いに貢献することできる薄膜磁気ヘッドを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

【0018】

図1は磁気記憶装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置(HDD)11の内部構造を概略的に示す。このHDD11は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体12を備える。収容空間には、記録媒体としての1枚以上の磁気ディスク13が収容される。磁気ディスク13はスピンドルモータ14の回転軸に装着される。スピンドルモータ14は例えば7200rpmや10000rpmといった高速度で磁気ディスク13を回転させることができる。筐体本体12には、筐体本体12との間で収容空間を密閉する蓋体すなわちカバー(図示されず)が結合される。

【0019】

収容空間にはヘッドアクチュエータ15がさらに収容される。このヘッドアクチュエータ15はアクチュエータブロック16を備える。アクチュエータブロック16は、垂直方向に延びる支軸17に回転自在に支持される。ヘッドアクチュエータ15は、支軸17から水平方向に延びる剛体のアクチュエータアーム18を備える。アクチュエータアーム18はアクチュエータブロック16に保持される。周知の通り、複数枚の磁気ディスク13が筐体本体12内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク13同士の間には1つのアクチュエータアーム18が配置される。アクチュエータブロック16およびアクチュエータアーム18は例えば鋳造に基づきアルミニウムから一体成型されればよい。

【0020】

アクチュエータアーム18の先端にはヘッドサスペンション19が取り付けられる。ヘッドサスペンション19は、アクチュエータアーム18の先端から前方に向かって延びる。周知の通り、ヘッドサスペンション19の前端には浮上ヘッドスライダ21が支持される。浮上ヘッドスライダ21にはいわゆる磁気ヘッドすなわち電磁変換素子(図示されず)が搭載される。浮上ヘッドスライダ21は磁気ディスク13の表面に向き合わせられる。

【0021】

浮上ヘッドスライダ21には、磁気ディスク13の表面に向かってヘッドサスペンション19から押し付け力が作用する。磁気ディスク13の回転に基づき磁気ディスク13の表面で気流が生成されると、気流の働きで浮上ヘッドスライダ21には正圧すなわち浮力や負圧が作用する。浮力および負圧とヘッドサスペンション19の押し付け力とが釣り合うことで磁気ディスク13の回転中に比較的の高い剛性で浮上ヘッドスライダ21は浮上し続けることができる。

【0022】

アクチュエータブロック16には例えばボイスコイルモータ(VCM)といった動力源22が接続される。この動力源22の働きでアクチュエータブロック16は支軸17回りで回転することができる。こうしたアクチュエータブロック16の回転に基づきアクチュエータアーム18の揺動は実現される。浮上ヘッドスライダ21の浮上中に支軸17回りでアクチュエータアーム18が揺動すると、浮上ヘッドスライダ21は半径方向に磁気ディスク13の表面を横切ることができる。こうした浮上ヘッドスライダ21の移動に基づ



き電磁変換素子は目標記録トラックに対して位置決めされることができる。

#### 【0023】

図2は浮上ヘッドスライダ21の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ21は、平たい直方体に形成される $Al_2O_3-TiC$ （アルチック）製のスライダ本体23を備える。スライダ本体23の空気流出端には $Al_2O_3$ （アルミナ）製のヘッド素子内蔵膜24が接合される。ヘッド素子内蔵膜24には電磁変換素子すなわち読み出し書き込みヘッド25が埋め込まれる。スライダ本体23およびヘッド素子内蔵膜24には、磁気ディスク13に対向する媒体対向面すなわち浮上面26が規定される。

#### 【0024】

浮上面26には、スライダ本体23の空気流入端に沿って延びるフロントレール28と、スライダ本体23の空気流出端に隣接して広がるリアレール29とが形成される。フロントレール28およびリアレール29の頂上面にはいわゆるABS（空気軸受け面）31、32が規定される。ABS31、32の空気流入端は段差33、34でレール28、29の頂上面に接続される。読み出し書き込みヘッド25はABS32で前端を露出させる。ただし、ABS32の表面には、読み出し書き込みヘッド25の前端に覆い被さるDLC（ダイヤモンドライクカーボン）保護膜が形成されてもよい。

#### 【0025】

磁気ディスク13の回転に基づき生成される気流35は浮上面26に受け止められる。このとき、段差33、34の働きでABS31、32には比較的大きな正圧すなわち浮力が生成される。しかも、フロントレール28の後方すなわち背後には大きな負圧が生成される。これら浮力および負圧のバランスに基づき浮上ヘッドスライダ21の浮上姿勢は確立される。なお、浮上ヘッドスライダ21の形態はこういった形態に限られるものではない。

#### 【0026】

図3は浮上面26の様子を詳細に示す。読み出し書き込みヘッド25は読み取りヘッド素子36と薄膜磁気ヘッドすなわち単磁極ヘッド37とを備える。読み取りヘッド素子36では、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁界に応じて変化する抵抗に基づき2値情報は検出されることができる。単磁極ヘッド37は、後述されるように、導電コイルパターンで生起される磁界を利用して磁気ディスク13に2値情報を書き込むことができる。読み取りヘッド素子36および単磁極ヘッド37は、前述のヘッド素子内蔵膜24の上側半層すなわちオーバーコート膜を構成する $Al_2O_3$ （アルミナ）膜38と、下側半層すなわちアンダーコート膜を構成する $Al_2O_3$ （アルミナ）膜39との間に挟み込まれる。

#### 【0027】

読み取りヘッド素子36は、アルミナ膜39の表面に沿って広がる下部シールド層41を備える。下部シールド層41の表面には絶縁層42が覆い被さる。絶縁層42の表面には上部シールド層43が配置される。下部および上部シールド層41、43は例えばFeNやNiFeといった磁性材料から構成されればよい。下部および上部シールド層41、43の膜厚は例えば $1\mu m \sim 2\mu m$ 程度に設定されればよい。

#### 【0028】

下部および上部シールド層41、43の間では、絶縁層42に磁気抵抗効果（MR）素子44が埋め込まれる。こうしたMR素子44には、例えば、スピンバルブ膜やトンネル接合膜の抵抗変化を利用して磁気ディスク13から情報を読み出す巨大磁気抵抗効果（GMR）素子やトンネル接合磁気抵抗効果（TMR）素子といった読み出し素子が用いられればよい。下部および上部シールド層41、43同士の間隔は磁気ディスク13上で記録トラックの線方向に磁気記録の分解能を決定する。

#### 【0029】

単磁極ヘッド37は、上部シールド層43上で任意の基準平面45に沿って広がる下部磁極層すなわち補助磁極46を備える。基準平面45は、例えば上部シールド層43上に均一な膜厚で積層形成される $Al_2O_3$ （アルミナ）層といった非磁性層47の表面で規

定される。非磁性層 47 は上部シールド層 43 と補助磁極 46 との間で磁気的な結合を断ち切る。

#### 【0030】

補助磁極 46 上には、後述されるように、アルミナ層 38 に主磁極 48 が埋め込まれる。主磁極 48 上には、アルミナ層 38 内にシールド層 49 が配置される。シールド層 49 は例えば Ni や Fe を含む磁性材料から形成されればよい。ここでは、例えば NiFe (パーマロイ) が用いられればよい。シールド層 49 の膜厚は例えば  $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$  程度に設定されればよい。

#### 【0031】

図 4 に示されるように、補助磁極 46 の表面には絶縁層 51 が積層形成される。絶縁層 52 の表面には、絶縁層 52 に埋め込まれた導電コイルパターン 53 が形成される。こうした絶縁層 51、52 はギャップ層を構成する。絶縁層 51、52 すなわちギャップ層の膜厚は例えば  $3\mu\text{m} \sim 6\mu\text{m}$  程度に設定されればよい。

#### 【0032】

絶縁層 52 上には磁極本体層 54 が積層形成される。磁極本体層 54 は、ABS 32 から後退した第 1 位置で途切れる。第 1 位置は、ABS 32 および磁極本体層 54 の前端的間の距離 d1 で規定される。磁極本体層 54 は例えば Ni や Fe を含む磁性材料から形成されればよい。ここでは、例えば NiFe (パーマロイ) が用いられればよい。磁極本体層 54 の膜厚は例えば  $1\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$  程度に設定されればよい。

#### 【0033】

磁極本体層 54 の後端は導電コイルパターン 53 の中心位置で連結部 55 に受け止められる。連結部 55 は補助磁極 46 の表面に積層形成される。連結部 55 は例えば Ni や Fe を含む磁性材料から形成されればよい。ここでは、例えばパーマロイ (NiFe) が用いられればよい。連結部 55 に基づき磁極本体層 54 および補助磁極 46 は磁気的に連結される。

#### 【0034】

磁極本体層 54 の表面には平坦化面 56 が規定される。平坦化面 56 上には中間磁性層 57 が受け止められる。中間磁性層 57 は磁極本体層 54 の表面から ABS 32 に向かって前方に広がる。中間磁性層 57 は、ABS 32 から後退した第 2 位置で途切れる。中間磁性層 57 の前端は、磁極本体層 52 の前端よりも ABS 32 に近い位置で途切れる。第 2 位置は、ABS 32 および中間磁性層 57 の前端的間の距離 d2 で規定される。距離 d2 は例えば数  $10\text{nm} \sim 100\text{nm}$  程度に設定されればよい。中間磁性層 57 は例えば Ni や Fe を含む磁性材料から形成されればよい。ここでは、例えば NiFe (パーマロイ) が用いられればよい。中間磁性層 57 の膜厚は例えば  $200\text{nm} \sim 500\text{nm}$  程度に設定されればよい。

#### 【0035】

中間磁性層 57 の表面には平坦面 58 が規定される。平坦面 58 上には先端磁性層 59 が受け止められる。先端磁性層 59 は、中間磁性層 57 の表面から ABS 32 に向かって前方に広がる。先端磁性層 59 の前端は ABS 32 に臨む。先端磁性層 59 は、例えば FeCo や FeNiCo といった高飽和磁束密度を有する磁性材料から形成されればよい。磁極本体層 54 並びに中間磁性層 57 および先端磁性層 59 は前述の主磁極 48 を構成する。主磁極 48 および補助磁極 46 は協働して単磁極ヘッド 37 の磁性コアを構成する。

#### 【0036】

周知の通り、導電コイルパターン 53 で磁界が生起されると、主磁極 48 および補助磁極 46 では磁束の流通路が形成される。すなわち、磁極本体層 54 から中間磁性層 57、先端磁性層 59 に順番に磁束は流通する。こうして、先端磁性層 59 の先端から磁気ディスク 13 に向かって磁束は漏れ出る。こうして漏れ出る磁束が記録磁界を形成する。

#### 【0037】

図 5 に示されるように、先端磁性層 59 には主磁極先端域 61 が区画される。主磁極先端域 61 は ABS 32 から均一幅で後方に延びる。先端磁性層 59 の幅は、主磁極先端域

61の後端からさらに後方に向かって急激に増大する。ただし、主磁極先端域61の幅は前述の第2位置すなわち中間磁性層57の前端の位置から後方に向かって徐々に増大する。主磁極先端域61の幅は磁気ディスク13上で記録トラックの幅方向に磁気記録の分解能を決定する。こうした単磁極ヘッド37では、磁極本体層54と先端磁性層59とは個別に積層形成されることができる。先端磁性層59の膜厚は磁極本体層54のそれに比べて相当に薄く設定されることができる。その結果、主磁極先端域61の均一幅は高い精度で確立されることができる。トラック幅の縮小は実現されることができる。

#### 【0038】

前述されるように、中間磁性層57の前端は第2位置で途切れる。すなわち、中間磁性層57の前端は、主磁極先端域61の後端よりもABS32に接近した位置で途切れる。こうして磁束の流通路では、ABS32に向かって段階的に断面積は縮小されることができる。しかも、中間磁性層57の前端の位置や主磁極先端域61の位置に基づき断面積の変化は高い精度で実現されることができる。

#### 【0039】

中間磁性層57には、先端磁性層59の外縁から外側に広がりつつ磁極本体層54に近づく裾広がり面62が規定される。こうした裾広がり面62によれば、磁極本体層54から先端磁性層59に向かって中間磁性層57内で徐々に磁束の流通路は狭められていくことができる。中間磁性層57の輪郭は、中間磁性層57の先端および裾広がり面62以外の領域で先端磁性層59の輪郭と一致する。

#### 【0040】

図6に示されるように、主磁極先端域61は、ABS32に臨む先端面63でトレーリング側よりもリーディング側で狭められる。ここでは、先端面63は例えば台形状に形成される。主磁極先端域61では、一般に、トレーリング側の稜線よりもリーディング側の稜線で記録トラックの中心線から乖離しやすい。こうしてトレーリング側の稜線よりもリーディング側の稜線が狭められれば、確実に極小幅の記録トラックは描き出されることができる。しかも、リーディング側の稜線が隣接する記録トラックにはみ出すことはない。隣接する記録トラックへの磁気情報の書き込みは阻止される。ここでは、前述されるように、先端磁性層59の膜厚は例えば100nm～300nm程度に設定されればよい。先端磁性層59の主磁極先端域61の幅すなわちコア幅は例えば60～150nm程度に設定されればよい。図7に示されるように、中間磁性層57は、主磁極先端域61と同様に、前端面57aでトレーリング側よりもリーディング側で狭められる。こうして前述されるように、磁束の流通路では、ABS32に向かって段階的に断面積は縮小されることができる。しかも、中間磁性層57の前端の位置や主磁極先端域61の位置に基づき断面積の変化は高い精度で実現されることができる。

#### 【0041】

以上のような単磁極ヘッド37によれば、磁極本体層54並びに中間磁性層57および先端磁性層59の積層構造の働きで磁束の流通路では断面積の変化は緩和される。断面積の縮小に拘わらず磁束の飽和は十分に抑制されることができる。主磁極先端域61の幅が狭められても、主磁極先端域61の先端から十分な強度の磁束は漏れ出ることができる。

#### 【0042】

以上のような単磁極ヘッド37では、磁極本体層54の表面には複数の中間磁性層57が積層形成されてもよい。このとき、上側の中間磁性層57の前端は、上側の中間磁性層57を受け止める下側の中間磁性層57の前端よりもABS32に近づいた位置で途切ればよい。こうした複数の中間磁性層57によれば、磁極本体層54並びに中間磁性層57および先端磁性層59の積層構造の働きで磁束の流通路では断面積の変化は緩和されることができる。

#### 【0043】

以上のような読み出し書き込みヘッド25の製造方法を簡単に説明する。製造にあたって例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC（アルチック）製のウエハ（図示されず）が用意される。ウエハの表面には、周知の通り、アルミナ膜39、下部シールド層41、MR素子44、絶

縁層 42、上部シールド層 43 および非磁性層 47 が積層形成される。こうして、読み取りヘッド素子 36 が形成される。

#### 【0044】

その後、図 8 に示されるように、非磁性層 47 の表面には補助磁極 46 が積層形成される。続いて、補助磁極 46 の表面にはアルミナ膜といった絶縁層（図示されず）が積層形成される。補助磁極 46 は絶縁層で覆われる。化学的機械研磨法（CMP）に基づき絶縁層に平坦化処理が施される。こうして絶縁層に囲まれる補助磁極 46 は平坦化面で露出する。

#### 【0045】

その後、図 9 に示されるように、補助磁極 46 の表面には連結部 55 が積層形成される。連結部 55 の膜厚は例えば  $2\mu\text{m}$  ～  $4\mu\text{m}$  程度に設定される。補助磁極 46 の表面にはアルミナ膜といった絶縁層 51 が積層形成される。絶縁層 51 の表面には導電コイルパターン 53 が形成される。導電コイルパターン 53 の膜厚は例えば  $1\mu\text{m}$  ～  $3\mu\text{m}$  程度に設定されればよい。

#### 【0046】

その後、導電コイルパターン 53 の隙間にはフォトレジスト材料が充填される。その後、導電コイルパターン 53 やフォトレジスト材料の表面は絶縁材料で覆われる。絶縁材料には例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$ （アルミナ）や  $\text{SiO}_2$ （シリコン酸化物）が用いられればよい。導電コイルパターン 53 および連結部 55 は第 1 絶縁層すなわち絶縁層 52 で覆われる。化学的機械研磨法に基づき絶縁層 52 に平坦化処理が施される。こうして絶縁層 52 に囲まれる連結部 55 は平坦化面で露出する。

#### 【0047】

その後、図 10 に示されるように、絶縁層 52 および連結部 55 すなわち基層の表面に磁極本体層 54 が積層形成される。磁極本体層 54 は例えばめっきに基づき所定の形状に形成されればよい。絶縁層 52 の表面にはアルミナ膜といった絶縁層 63 が積層形成される。磁極本体層 54 は絶縁層 64 で覆われる。その後、化学的機械研磨法に基づき絶縁層 64 に平坦化処理が施される。こうして、図 11 に示されるように、絶縁層 64 すなわち絶縁層 52 に囲まれる磁極本体層 54 は平坦化面 56 で露出する。磁極本体層 54 は絶縁層 52 に隣接する。

#### 【0048】

その後、図 12 に示されるように、平坦化面 56 上には、磁極本体層 54 の前端から前方に広がる第 1 磁性素材層 65 が積層形成される。第 1 磁性素材層 65 は例えばめっきに基づき所定の形状に形成されればよい。平坦化面 56 上にはアルミナ膜といった第 2 絶縁層すなわち絶縁層 66 が積層形成される。第 1 磁性素材層 65 は絶縁層 66 で覆われる。その後、化学的機械研磨法に基づき絶縁層 66 に平坦化処理が施される。こうして、図 13 に示されるように、絶縁層 66 に囲まれる第 1 磁性素材層 65 は平坦面 58 で露出する。

#### 【0049】

その後、図 14 に示されるように、平坦面 58 上には全面にわたって第 2 磁性素材層 67 が積層形成される。積層形成にあたって例えば周知のスパッタリング法が用いられればよい。続いて、第 2 磁性素材層 67 の表面には、第 1 磁性素材層 65 の前端よりも前方に広がるマスクすなわちフォトレジスト膜 68 が形成される。フォトレジスト膜 68 の輪郭は、図 15 に示されるように、フォトレジスト膜 68 の先端を除いて第 1 磁性素材層 65 の輪郭に含まれる。同様に、第 1 磁性素材層 65 の輪郭は第 1 磁性素材層 65 の先端を除いて磁極本体層 54 の輪郭に含まれる。ただし、マスクには例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{SiO}_2$ 、Ti、Ta といったハードマスクが用いられてもよい。

#### 【0050】

その後、フォトレジスト膜 68 に基づき第 1 および第 2 磁性素材層 65、67 から磁性層が削り出される。削り出しにあたって例えばドライエッチング法が用いられればよい。エッチングにあたってフォトレジスト膜 68 の先端に区画される先端域 68a では、所定

の傾斜角で例えばイオンが照射される。こうして第1および第2磁性素材層65、67の断面は例えば台形形状に削り出される。その結果、先端磁性層59の主磁極先端域61では、先端面でトレーリング側よりもリーディング側で狭められる。

【0051】

同様に、フォトレジスト膜68の後端にも例えばイオンが照射される。その結果、第1磁性素材層65では、フォトレジスト膜68の外縁から外側に広がりつつ磁極本体層54に近づく傾斜面すなわち裾広がり面62が形成される。こうして、図16に示されるように、中間磁性層57および先端磁性層59が形成される。中間磁性層57の輪郭は、前述されるように、中間磁性層57の先端および裾広がり面62以外の領域で先端磁性層59の輪郭と一致する。ここでは、先端磁性層59の主磁極先端域61のコア幅は例えば60～150nm程度に設定されればよい。その後、先端磁性層59の表面にはアルミナ膜38やシールド層49（図示されず）が積層形成される。最後に、図17に示されるように、研磨処理に基づきABS32が形成される。

【0052】

ただし、磁極本体層54の形成にあたって、磁極本体層54は例えば周知のスパッタリング法に基づき成膜されてもよい。その後、フォトリソグラフィ法やドライエッチング法に基づき所定の形状に削り出されてもよい。

【0053】

（付記1） 記録媒体に向き合わせられるヘッドスライダの媒体対向面から後退した位置で途切れる磁極本体層と、磁極本体層の表面から媒体対向面に向かって前方に広がり、媒体対向面から後退した位置で途切れる中間磁性層と、中間磁性層の表面から媒体対向面に向かって前方に広がり、媒体対向面に臨む先端磁性層とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0054】

（付記2） 付記1に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記中間磁性層の前端は前記磁極本体層の前端よりも媒体対向面に近い位置で途切れることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0055】

（付記3） 付記1または2に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記先端磁性層には、媒体対向面から均一幅で後方に延びる主磁極先端域が区画されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0056】

（付記4） 付記3に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記中間磁性層の前端は、主磁極先端域の後端よりも媒体対向面に接近した位置で途切れることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0057】

（付記5） 付記3または4に記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記主磁極先端域は、前記媒体対向面に臨む先端面でトレーリング側よりもリーディング側で狭められることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0058】

（付記6） 付記1～5のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記磁極本体層の表面には、前記中間磁性層を受け止める平坦化面が規定されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0059】

（付記7） 付記1～6のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記中間磁性層の表面には、前記先端磁性層を受け止める平坦面が規定されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0060】

（付記8） 付記1～7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記中間磁性層は、先端磁性層の外縁から外側に広がりつつ磁極本体層に近づく裾広がり面を備えること

を特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【0061】

(付記9) 第1絶縁層に隣接する磁極本体層を形成する工程と、第1絶縁層および磁極本体層の表面上で、磁極本体層の前端から前方に広がる第1磁性素材層を積層する工程と、第1絶縁層および磁極本体層の表面に第2絶縁層を形成し、第2絶縁層で第1磁性素材層を覆う工程と、第2絶縁層に平坦化処理を施し、第2絶縁層に囲まれる第1磁性素材層を平坦面で露出させる工程と、平坦面に第2磁性素材層を積層する工程と、第2磁性素材層の表面に、第1磁性素材層の前端よりも前方に広がるマスクを形成する工程と、マスクに基づき、第1および第2磁性素材層から磁極層を削り出す工程とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】磁気記憶装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置(HDD)の内部構造を概略的に示す平面図である。

【図2】一具体例に係る浮上ヘッドスライダの構造を概略的に示す拡大斜視図である。

【図3】浮上面で観察される読み出し書き込みヘッドの様子を概略的に示す正面図である。

【図4】図3の4-4線に沿った拡大断面図である。

【図5】図3の5-5線に沿った拡大断面図である。

【図6】浮上面で観察される主磁極先端域の前端面を概略的に示す正面図である。

【図7】図5の7-7線に沿った拡大断面図であり、浮上面から後退した位置で観察される中間磁性層の前端面を概略的に示す図である。

【図8】下部磁極層の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図9】連結部および導電コイルパターンの形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図10】磁極本体層の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図11】磁極本体層の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図12】第1磁性素材層の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図13】第1磁性素材層の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図14】第2磁性素材層およびフォトレジスト膜の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【図15】フォトレジスト膜の形成工程を概略的に示すウエハの拡大部分水平断面図である。

【図16】第1および第2磁性素材層の削り出し工程を概略的に示すウエハの拡大部分水平断面図である。

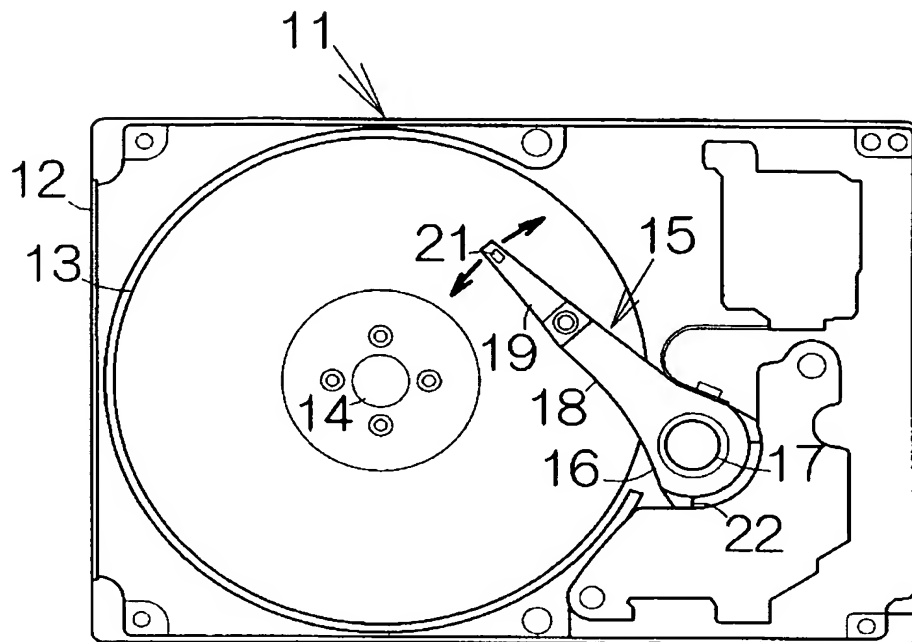
【図17】研磨処理に基づき空気軸受け面が形成される工程を概略的に示すウエハの拡大部分垂直断面図である。

【符号の説明】

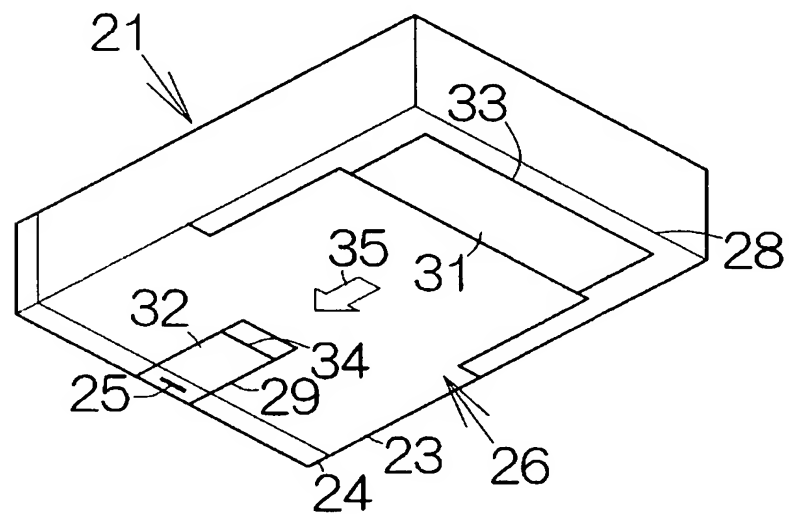
【0063】

13 磁気ディスク(記録媒体)、21 浮上ヘッドスライダ、32 空気軸受け面(媒体対向面)、37 単磁極ヘッド(薄膜磁気ヘッド)、52 絶縁層(第1絶縁層)、54 磁極本体層、56 平坦下面、57 中間磁性層(磁性層)、58 平坦面、59 先端磁性層(磁性層)、61 主磁極先端域、62 裾広がり面、63 先端面、65 第1磁性素材層、66 絶縁層(第2絶縁層)、67 第2磁性素材層、68 フォトレジスト膜(マスク)。

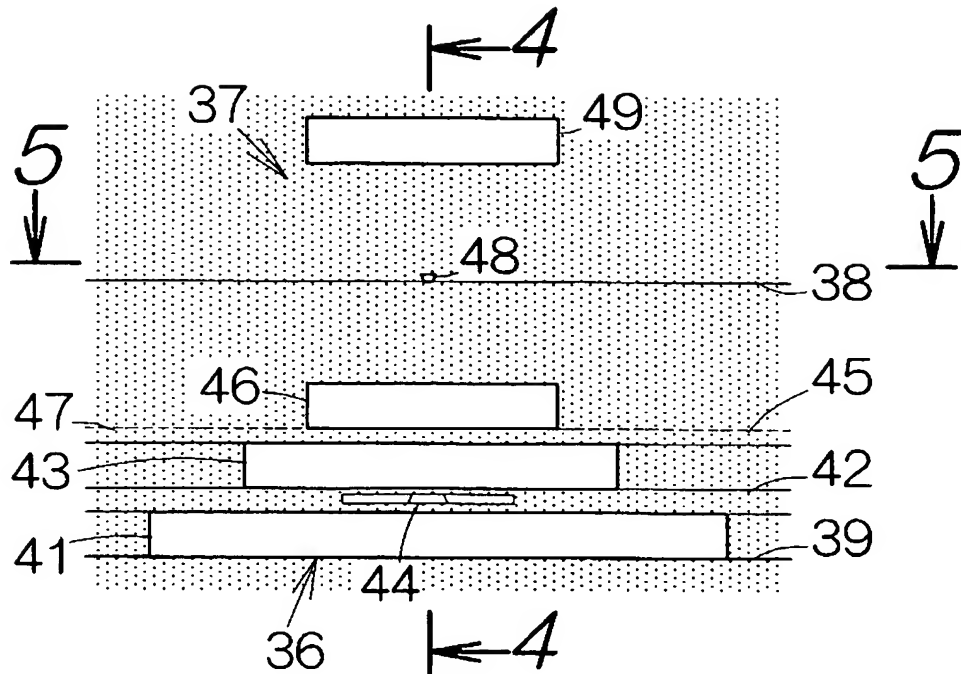
【書類名】 図面  
【図 1】



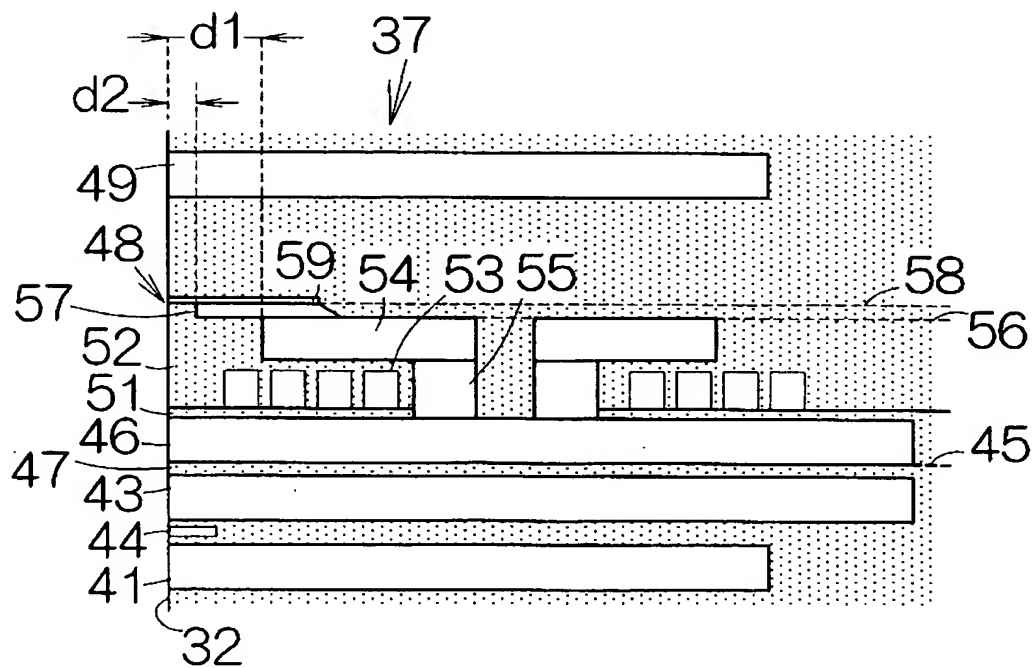
【図 2】



【図 3】

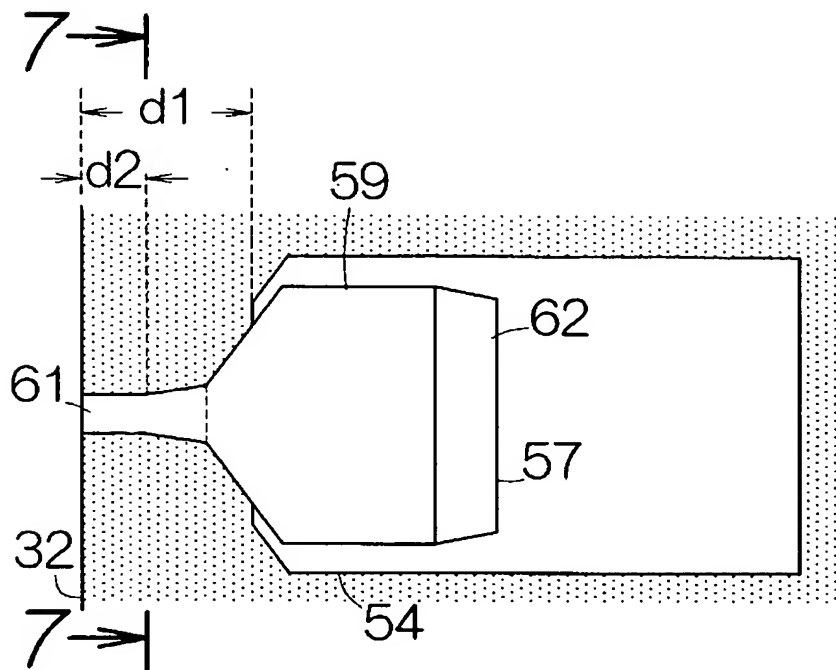


【図 4】

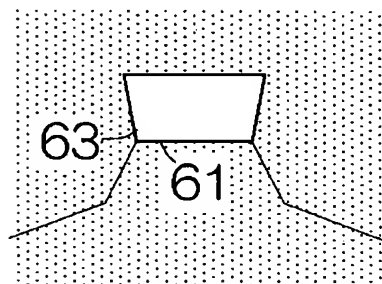




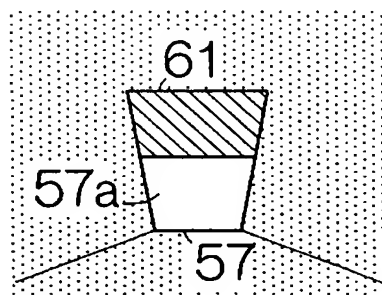
【図 5】



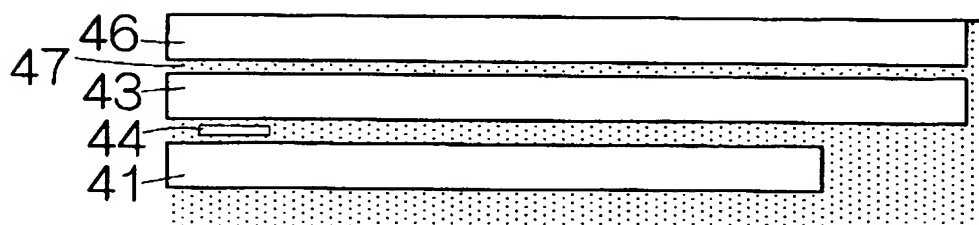
【図 6】



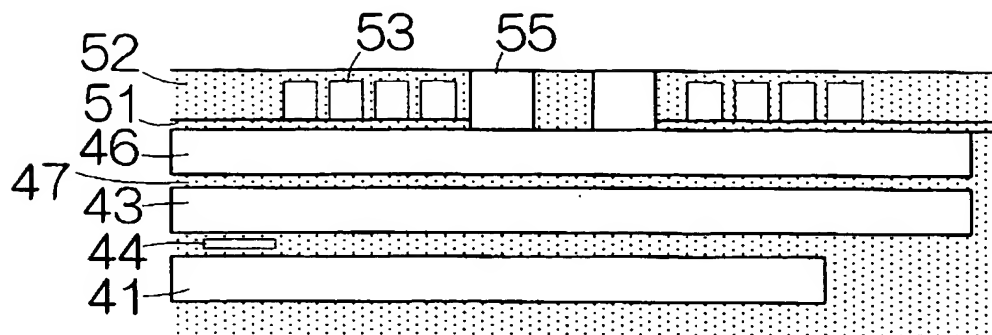
【図 7】



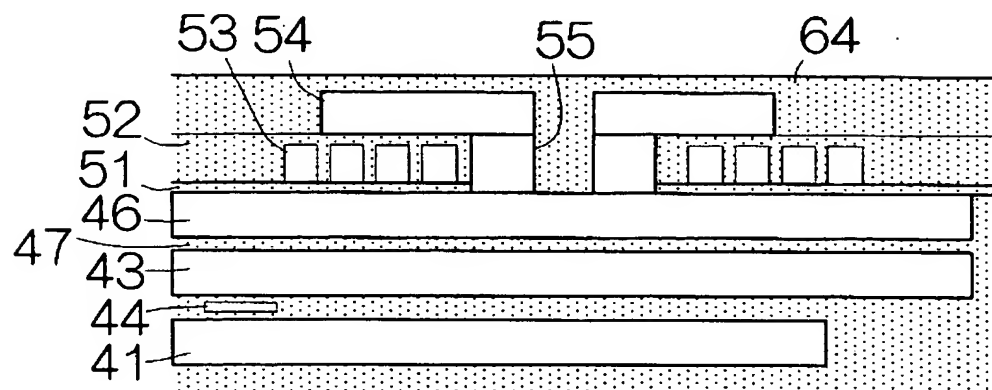
【図 8】



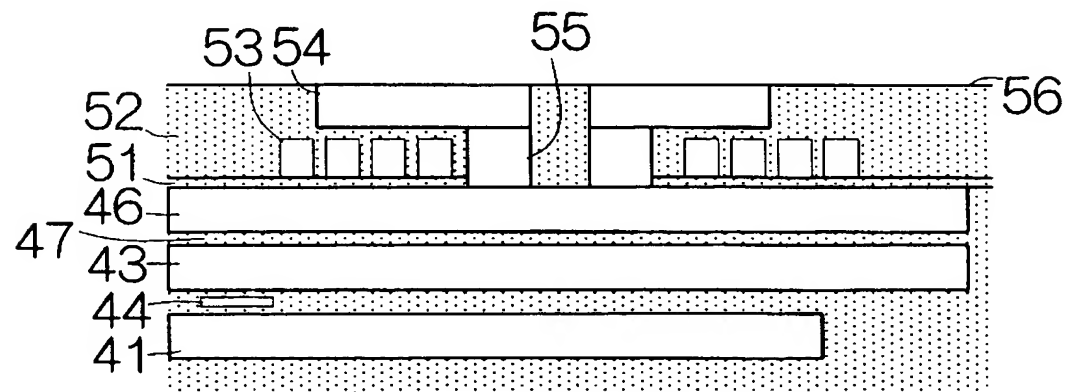
【図 9】



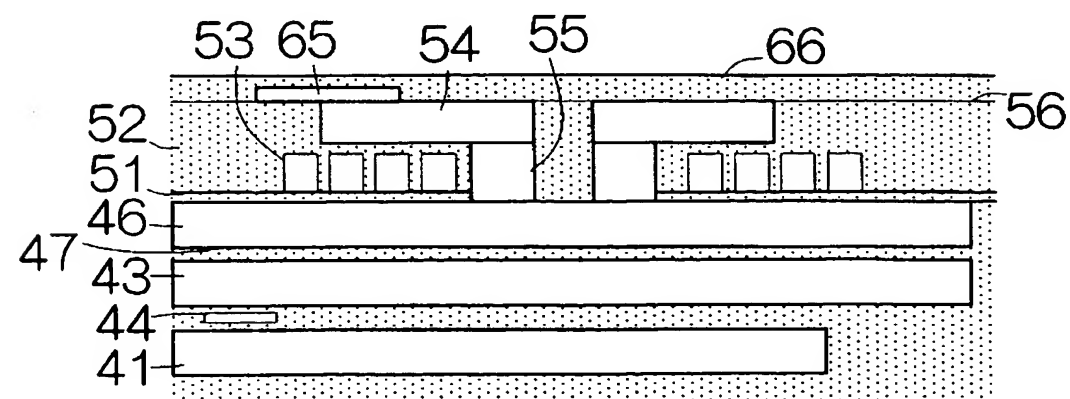
【図 10】



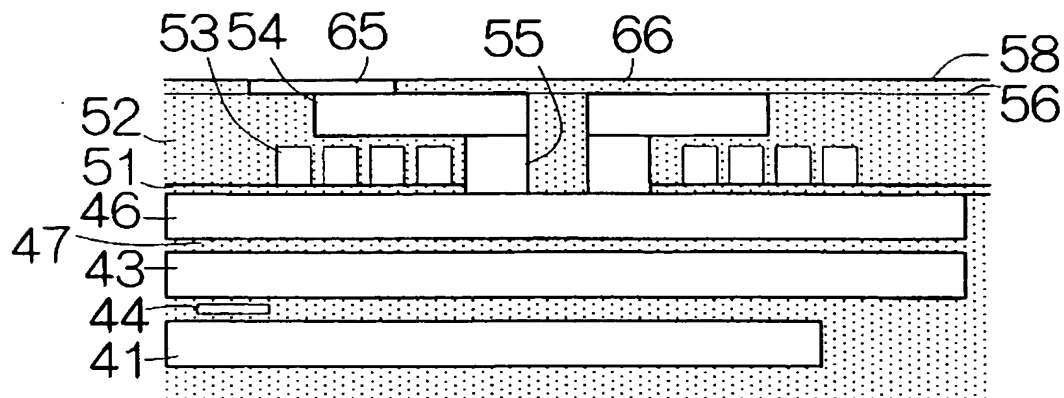
【図 11】



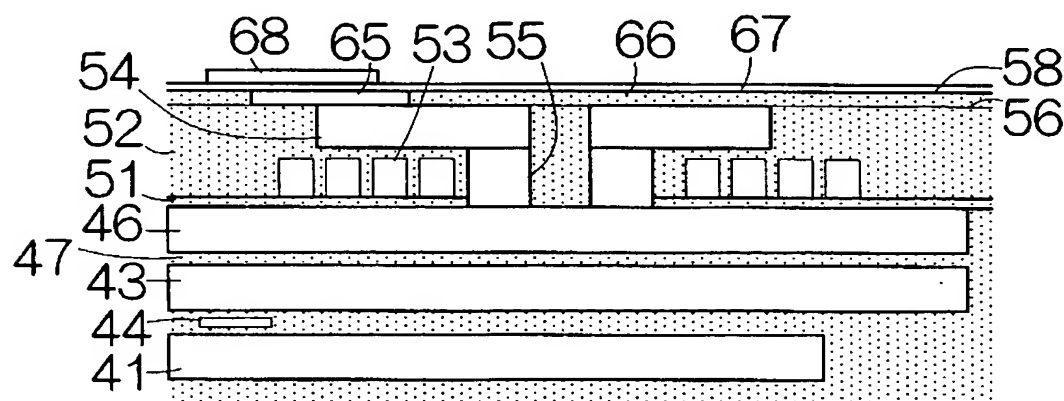
【図 12】



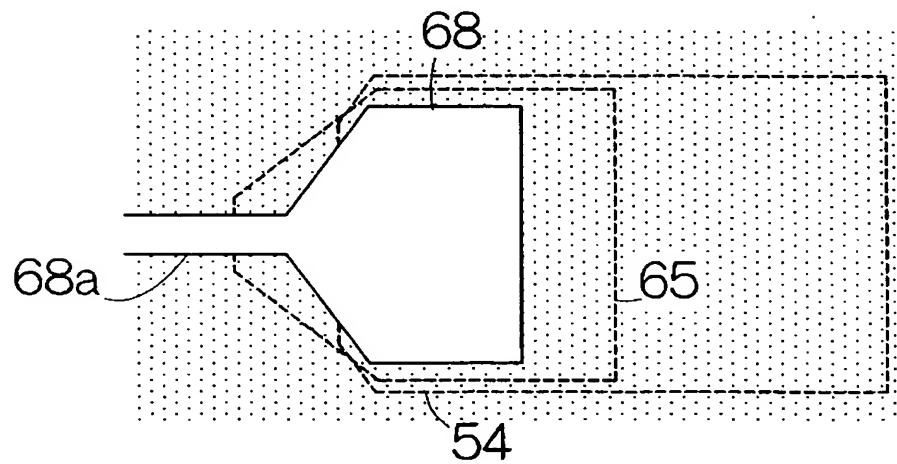
【図 13】



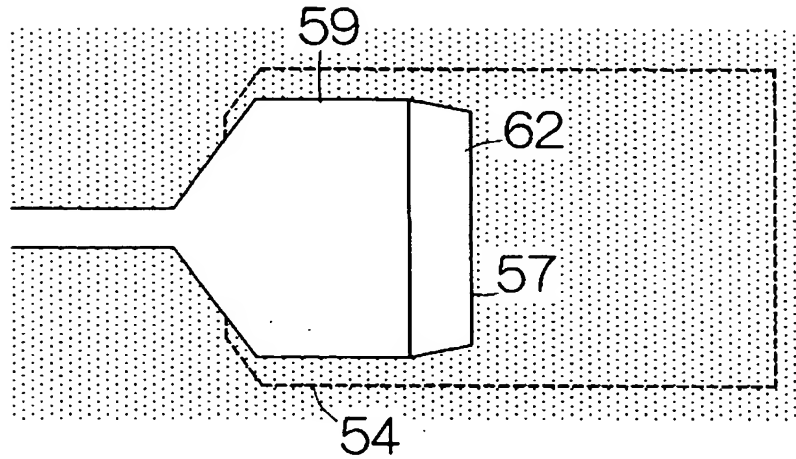
【図 14】



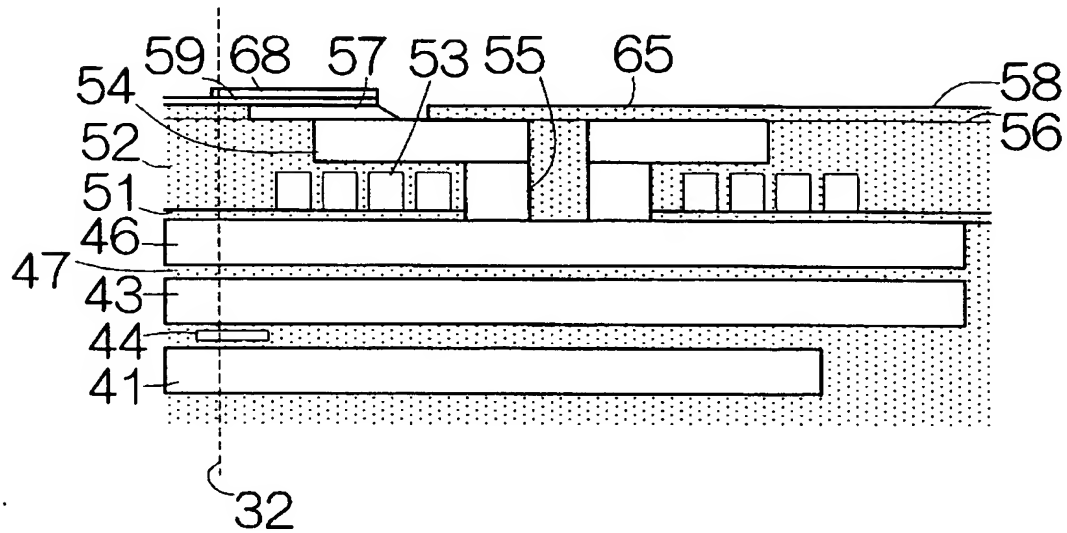
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 記録トラックのトラック幅の縮小に大いに貢献することできる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【解決手段】 磁極本体層は媒体対向面（A B S）から後退した位置で途切れる。磁極本体層には、磁極本体層の表面から A B S に向かって前方に広がる中間磁性層が受け止められる。中間磁性層は A B S から後退した位置で途切れる。中間磁性層には、中間磁性層の表面から A B S に向かって前方に広がる先端磁性層が受け止められる。先端磁性層は A B S に臨む。こうした薄膜磁気ヘッドによれば、磁極本体層並びに中間磁性層および先端磁性層の積層構造の働きで磁束の流通路では断面積の変化は緩和される。断面積の縮小にも拘わらず磁束の飽和は十分に抑制されることができ。先端磁性層の先端が縮小されても、先端磁性層の先端から十分な強度の磁束は漏れ出ることができ。

【選択図】 図 4

特願 2 0 0 3 - 4 2 1 1 1 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名 富士通株式会社